



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA EL MANEJO  
DE *NECTRIA* SP. EN PLANTACIONES DE *GMELINA*  
*ARBOREA* EN SANTA ROSA DE POCOSOL, ALAJUELA

ALEJANDRA MÉNDEZ BÁEZ

CARTAGO, COSTA RICA

2011

# EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA EL MANEJO DE *NECTRIA* SP. EN PLANTACIONES DE *GMELINA ARBOREA* EN SANTA ROSA DE POCOSOL, ALAJUELA

Alejandra Méndez Báez\*

## Resumen

En Costa Rica la reforestación se ha desarrollado con varias especies forestales, siendo *Gmelina arborea* (melina) la especie más plantada. Durante los últimos años, se han presentado serios problemas de mortalidad de grupos de árboles de *G. arborea* en plantaciones de más de dos años. El problema se encuentra asociado a altas densidades de árboles, suelos inadecuados y al cancro producido por el hongo *Nectria* sp. Para su manejo y prevención se recomienda la poda de las ramas infectadas, así como el mejoramiento de las condiciones de crecimiento de los árboles. En este estudio se evaluaron tratamientos contra *Nectria* sp. Como medida preventiva se evaluó la poda en árboles de 2 a 5 años mediante un inventario sistemático con arranque aleatorio al 3% de intensidad. En los árboles inventariados se obtuvo un 100% de efectividad, sin embargo la muestra evaluada es pequeña en comparación con el tamaño de la plantación establecida. Como medida correctiva se realizó la aplicación y evaluación de inyecciones intraleño de Nutriphite®. Para ello se eligieron 30 árboles en categoría 1 y 30 árboles en categoría 2 para cada una de las edades anteriormente mencionadas y se les aplicó el tratamiento en diferentes combinaciones de concentraciones y dosis. Posteriormente se realizaron dos evaluaciones del avance de la enfermedad, uno y dos meses después. Los datos se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo en la mayoría de los árboles continuó el avance típico de la enfermedad, por lo que se debe continuar las investigaciones sobre este tema.

**Palabras clave:** *Nectria* sp., *Gmelina arborea*, Nutriphite, tratamiento preventivo, tratamiento correctivo, estado fitosanitario.

Méndez, A. 2011. Evaluación de tratamientos para el manejo de *Nectria* sp. en plantaciones de *Gmelina arborea* en Santa Rosa de Pocosol, Alajuela. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Cartago. Costa Rica Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

# EVALUATION OF TREATMENT FOR THE MANAGEMENT OF *NECTRIA* SP. IN PLANTATIONS OF *GMELINA ARBOREA* IN SANTA ROSA DE POCOSOL, ALAJUELA

Alejandra Méndez Báez\*

## Abstract

Reforestation in Costa Rica has developed a number of forest species, being *Gmelina arborea* the most widely planted species. In recent years, there have been serious problems with groups of trees mortality of *G. arborea* plantations of more than two years. The problem is associated with high densities of trees, inadequate soil and canker produced by the fungus *Nectria* sp. For treatment and prevention is recommended pruning infected branches and improving growing conditions for trees. In this study, we evaluated treatments against *Nectria* sp. As a preventive measure was evaluated pruning trees from 2 to 5 years using a random start systematic inventory to 3% intensity. In the trees inventoried yielded a 100% effective, however the evaluation sample is small compared with the size of the plantation established. Was done as corrective measure the application and evaluation of injections of Nutriphite®. For this were selected 30 trees in category 1 and 30 trees in category 2 for each of the above age and treatment was applied in different combinations of concentrations and doses. Subsequently conducted two evaluations of disease progression, one and two months later. The data were analyzed using non-parametric test of Kruskal-Wallis. Significant differences were obtained between treatments, but in most trees the disease continued the typical progress, so it should be continued research on this topic.

**Key words:** *Nectria* sp., *Gmelina arborea*, nutriphite, preventive treatment, corrective treatment, phytosanitary status.

Méndez, A. 2011. Evaluation of treatment for the Management of *Nectria* sp. in plantations of *Gmelina arborea* in Santa Rosa de Pocosol, Alajuela. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Cartago. Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Esta tesis de graduación ha sido aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

## **EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA EL MANEJO DE *NECTRIA SP.* EN PLANTACIONES DE *GMELINA* ARBOREA EN SANTA ROSA DE POCOSOL, ALAJUELA**

**Miembros del Tribunal Evaluador**

---

**Marcela Arguedas Gamboa, MSc.**

**Directora de Tesis**

---

**Marlen Camacho Calvo, MSc.**

**Lectora/ Escuela de Ingeniería Forestal**

---

**Edwin Canessa**

**Lector/ Escuela de Ingeniería Forestal**

---

**Alejandro Meza Montoya, MSc.**

**Coordinador de tesis de licenciatura**

---

**Alejandra Méndez Báez  
Esrudiante**

## Agradecimientos

A mi familia por siempre brindarme su apoyo incondicional.

A La profesora Marcela, por todo el apoyo y ayuda brindada en este proceso.

A La profesora Marlen por toda La ayuda , las explicaciones y las recomendaciones brindadas para La realización de este trabajo.

Al Ingeniero Diego Barrantes por permitirme desarrollar este proyecto y por brindarme toda la ayuda necesaria.

A mis amigos Michael, Guillermo, Daniel, Marco, Carmen, Manolo y Eugenia por tantos años compartidos y tanto apoyo.

## **Dedicatoria**

A mi hijo, Sebastián, por ser la luz de  
mi vida y darme una razón para luchar  
y ser mejor cada día

## Índice general

Resumen .....	i
Abstract .....	i
Agradecimientos .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Índice general.....	v
Índice de cuadros .....	vi
Índice de figuras .....	vii
Introducción.....	9
Objetivo general .....	10
Objetivos específicos .....	10
Marco teórico.....	11
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ....	11
Estado fitosanitario de la <i>Gmelina arborea</i> en Costa Rica.....	12
<i>Nectria</i> sp.....	13
<i>Nectria</i> sp. en <i>Gmelina arborea</i> .....	14
Manejo y prevención de <i>Nectria</i> sp. ....	14
Metodología.....	15
Descripción del área de estudio.....	15
Características de la plantación .....	15
Descripción de cuadro sintomatológico.....	15
Parámetros de medición .....	16
Tratamiento preventivo .....	16
Tratamiento correctivo .....	17
Resultados y discusión.....	18
Descripción sintomatológica .....	18
Tratamiento preventivo .....	22
Tratamiento correctivo .....	23
Conclusiones y recomendaciones.....	35
Bibliografía .....	36

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Categorización utilizada para la evolución de los daños de árboles de <i>Gmelina arborea</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.....	16
<b>Cuadro 2.</b> Incidencia del cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) en árboles de <i>Gmelina arborea</i> por edad. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.....	22
<b>Cuadro 3.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para la variable edad evaluación a un mes de aplicación de producto en <i>Gmelina arborea</i> para control del cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) San Carlos, Alajuela, Costa Rica.. Noviembre 2011.....	32
<b>Cuadro 4.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para la variable edad evaluación a dos meses de aplicación de producto en <i>Gmelina arborea</i> para control del cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) San Carlos, Alajuela, Costa Rica.. Noviembre 2011. ....	33
<b>Cuadro 5.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para la variable estado inicial evaluación a un mes de aplicación de producto en <i>Gmelina arborea</i> para control del cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) San Carlos, Alajuela, Costa Rica.. Noviembre 2011. ....	33
<b>Cuadro 6.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para la variable estado inicial evaluación a dos meses de aplicación de producto en <i>Gmelina arborea</i> para control del cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) San Carlos, Alajuela, Costa Rica.. Noviembre 2011. ....	33
<b>Cuadro 7.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para la variable concentración evaluación a dos meses de aplicación de producto en <i>Gmelina arborea</i> para control del cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) San Carlos, Alajuela, Costa Rica.. Noviembre 2011. ....	34



## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Árbol de <i>Gmelina arborea</i> atacado por <i>Nectria</i> sp. Categoría 1 de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.....	18
<b>Figura 2.</b> Árbol de <i>G. arborea</i> atacado por <i>Nectria</i> sp. con un marchitamiento extendido del follaje. Categoría 2 de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011. ....	19
<b>Figura 3.</b> Árbol de <i>G. arborea</i> atacado por <i>Nectria</i> sp en el que la mayoría de su follaje se ha caído. Categoría 3 de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011. ....	19
<b>Figura 4.</b> Árbol de <i>G. arborea</i> atacado por <i>Nectria</i> sp con rebrotes basales. Categoría 4 de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011. ....	20
<b>Figura 5.</b> Cuarteamiento de la corteza en <i>G. arborea</i> atacado por <i>Nectria</i> sp. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011. ....	21
<b>Figura 6.</b> Lloraderos en el tronco de <i>G. arborea</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.....	21
<b>Figura 7.</b> Daño en el tronco de <i>G. arborea</i> . San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.....	22
<b>Figura 8.</b> Afectación por cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) en individuos de <i>Gmelina arborea</i> de 2 años según la combinación de dosis y concentración un mes después de ser tratados con producto, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre 2011.....	24
<b>Figura 9.</b> Afectación por cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) en individuos de <i>Gmelina arborea</i> de 2 años según la combinación de dosis y concentración dos meses después de ser tratados con producto, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre 2011.....	25
<b>Figura 10.</b> Afectación por cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) en individuos de <i>Gmelina arborea</i> de 3 años según la combinación de dosis y concentración un mes después de ser tratados con producto, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre 2011.....	26
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de afectación por <i>Nectria</i> sp. de individuos de <i>Gmelina arborea</i> de 3 años según la combinación de dosis y concentración dos meses	

después de ser tratados, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Octubre 2011. ....	27
<b>Figura 12.</b> Afectación por cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) en individuos de <i>Gmelina arborea</i> de 4 años según la combinación de dosis y concentración un mes después de ser tratados con producto, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre 2011.....	28
<b>Figura 13.</b> Porcentaje de afectación por <i>Nectria</i> sp. de individuos de <i>Gmelina arborea</i> de 4 años según la combinación de dosis y concentración dos meses después de ser tratados, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Octubre 2011. ....	29
<b>Figura 14.</b> Afectación por cancro <i>Nectria</i> ( <i>Nectria</i> sp.) en individuos de <i>Gmelina arborea</i> de 5 años según la combinación de dosis y concentración un mes después de ser tratados con producto, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre 2011.....	30
<b>Figura 15.</b> Porcentaje de afectación por <i>Nectria</i> sp. de individuos de <i>Gmelina arborea</i> de 5 años según la combinación de dosis y concentración dos meses después de ser tratados, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Octubre 2011. ....	31

## Introducción

La creciente desaparición de la cobertura forestal costarricense desembocó en una crisis nacional del sector y motivó la orientación de las políticas nacionales hacia la conservación de recursos naturales. Debido a ello el Estado costarricense definió una política de incentivos forestales orientados hacia la reforestación comercial (Salas y Segura 2003).

En Costa Rica se ha promovido el establecimiento de plantaciones forestales para garantizar el abastecimiento de madera para el consumo nacional. Hasta 2005, se reportaron 130 000 ha reforestadas, principalmente con especies como *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Cordia alliodora*, *Cupressus lusitanica*, *Alnus acuminata*, *Acacia mangium*, *Vochysia* spp. (Arguedas 2006). Las plantaciones pueden favorecer que se presenten problemas de plagas y enfermedades, lo que desemboca en sobrevivencia muy baja y problemas de desarrollo, afectando así la productividad y las posibles ganancias de los productores de madera. A partir de lo anterior surge la importancia de tomar medidas, tanto preventivas como correctivas, para el manejo de los problemas fitosanitarios que amenazan la producción de madera de calidad.

En Costa Rica, *G. arborea* es una de las especies más utilizadas para el establecimiento de plantaciones con fines maderables. Desde hace varios años, ha aumentado la incidencia del cancro *Nectria* (*Nectria* sp.), lo cual deja grandes pérdidas. Es por esto que en este trabajo se busca evaluar posibles soluciones a esta problemática mediante diferentes tratamientos aplicados en las plantaciones de *G. arborea* de la empresa Maderas Cultivadas de Costa Rica S.A., ubicadas en Santa Rosa de Pocosal, Alajuela.

## Objetivo general

Evaluar los efectos de un tratamiento preventivo y un tratamiento correctivo para el manejo de *Nectria* sp. en plantaciones de *Gmelina arborea* en Santa Rosa de Pocosol, Alajuela.

## Objetivos específicos

- Describir el cuadro sintomatológico de *Nectria* sp. en plantaciones de *Gmelina arborea*.
- Evaluar los efectos del manejo de podas como tratamiento preventivo en el comportamiento de *Nectria* sp. en plantaciones de *Gmelina arborea*.
- Realizar la aplicación y evaluación de la inyección de Nutriphite® como un tratamiento correctivo en el comportamiento de *Nectria* sp. en plantaciones de *Gmelina arborea*.

## Marco teórico

### ***Gmelina arborea* Roxb.**

En Costa Rica la reforestación se ha desarrollado con varias especies forestales, siendo *Gmelina arborea* (melina) la especie más plantada (Salas y Segura 2003), la cual es una especie de muy amplia distribución natural en el sureste asiático. Ha sido introducida con éxito en diversos países tropicales, donde se le encuentra principalmente en las zonas de vida bosque muy húmedo tropical, bosque húmedo tropical y bosque seco tropical. Se planta entre los 24°C y los 35°C de temperatura, entre los 1000 y 3000 mm anuales de precipitación y desde el nivel del mar hasta los 500 m de elevación (Murillo y Valerio 1991).

*G. arborea* es un árbol deciduo, de rápido crecimiento, de mediana a gran altura, oportunista en los bosques húmedos y se clasifica como una especie pionera de vida larga (Briscoe 1995). Los mejores sitios para *G. arborea* se ubican en las partes bajas de los terrenos, donde por lo general tienen mayor disponibilidad de agua y nutrientes, así como buenos contenidos de calcio y magnesio, y los ubicados en áreas donde el uso anterior era charral o cultivos agrícolas (Lamb 1970).

Las plantaciones de *G. arborea* no prosperan en suelos muy erosionados o compactados, de topografía quebrada y muy superficiales, en esos sitios los árboles muestran características indeseables como fustes torcidos, poca altura, muy ramificados y aspecto arbustivo, por esta razón, se sugiere plantar esta especie en suelos profundos, húmedos pero bien drenados y sin obstáculos de desarrollo radical (Rojas y Murillo 2004).

Hasta el momento, la madera de *G. arborea* en América Central, no compite con las especies nativas de bosque, sin embargo, el aumento en las restricciones en el uso del bosque nativo ha provocado una reducción de la disposición de esa materia prima, originando la necesidad de buscar fuentes de

madera alternativas y la *G.arborea* podría ser una posibilidad (Rojas y Murillo 2004).

Costa Rica es en la actualidad uno de los pocos países donde la especie está siendo utilizada como fuente de materia prima para madera aserrada, madera laminada, madera contrachapada, producción de muebles y postes rollizos preservados (Rojas y Murillo 2004). La experiencia generada con la madera de la especie en la fabricación de muebles y estructuras de madera para la construcción, han corroborado las grandes fortalezas en la especie en lo que a facilidad para trabajar y aceptación de tintes se refiere (Rojas y Murillo 2004).

La madera también es utilizada para aserrío, construcciones rurales y construcción en general, tarimas, leña, muebles, artesanía, cajonería, pulpa para papel, contrachapados, embalajes, postes, tableros, carpintería, tableros y aglomerados. En la construcción se utiliza en cerchas, columnas sólidas, pisos, molduras, mostradores, puestas, rodapié, tablilla, vigas sólidas, vigas laminadas, columnas laminadas, tableros laminados, marcos de puertas y ventanas y contrachapado (Moya 2002). En mueblería se utiliza en archivadores, bancas, camas, cómodas, juegos de comedor, juego de sala, mesas, sillas, sillones, trinchantes, escritorios y estantes para oficina, además se emplea para hacer artesanías, lápices, fósforos, paletas para helados y mondadientes. También tiene potencial agroforestal y puede emplearse como cerca viva, cortina rompevientos y linderos maderables (Rojas y Murillo 2004).

### **Estado fitosanitario de la *Gmelina arborea* en Costa Rica**

Hasta el año 2004 se informa en Costa Rica de 36 agentes causales que producen daños en melina, de los cuales 16 son insectos (44%), 12 patógenos (33%) y 8 vertebrados (22%). El 33% de los daños se reportan en el fuste (corteza y xilema) y el 33% en el follaje (Arguedas 2004).

En Costa Rica, durante los últimos años, se han presentado serios problemas de mortalidad de grupos de árboles de *G. arborea*, en plantaciones de dos a

cinco años de edad. El problema se encuentra asociado a altas densidades de árboles, suelos inadecuados y a los daños del hongo *Nectria* sp. (Arguedas 2004).

### ***Nectria* sp.**

*Nectria* sp. es un hongo que pertenece a la subdivisión de los Ascomycetes, a la clase de los Pyrenomycetes y al orden de los Hipocreales, produce canchros en el tallo y las ramas de los árboles (Agrios 1996). El término canchro se refiere a una enfermedad causada por hongos, que se desarrolla en el floema, el cambium y las primeras capas de xilema de árboles vivos, en su mayoría son parásitos débiles, que requieren que el hospedante se encuentre debilitado por factores externos (Alvarado et al. 2007).

La canchrosis producida por *Nectria* sp. es una de las enfermedades más importantes de varias especies de árboles forestales latifoliados en la mayoría de los países del mundo. Las pérdidas que produce esta enfermedad son mayores en el caso de árboles jóvenes debido a que en ellos el hongo circunda al tronco o las ramas más gruesas, mientras que en los árboles viejos es frecuente que solo destruya directamente ramas pequeñas. Sin embargo, los canchros del tronco principal de los árboles ya maduros disminuyen el vigor y el valor de la madera, lo que los vuelve propensos a desplomarse por la fuerza del viento (Agrios 1996). Las primeras indicaciones de la enfermedad son áreas ligeramente hundidas alrededor de pequeñas heridas o ramas muertas (Lyon y Sinclair 2005; Blanchard y Tattar 1981, Butin 1995). Los canchros recién formados son pequeñas zonas circulares de color café, más tarde, su parte central se deprime y ennegrece en tanto que sus bordes se proyectan sobre la corteza sana circundante (Agrios 1996, Butin 1995).

En la mayoría de los hospederos, el hongo se desarrolla con lentitud y se produce un callo en torno al canchro y el contorno de este se abre. Los tejidos que se encuentran por debajo de la corteza negra del canchro están muertos, secos y esponjosos y se descascaran mostrando el tejido necrosado. Al cabo de algunos años, el hongo invade más tejidos sanos y el árbol forma nuevos

rebordes de callo. Sin embargo, en algunos hospedantes y bajo condiciones que favorecen al hongo, la invasión es más rápida, la corteza cancerosa se deforma y agrieta pero no se desprende (Agrios 1996).

### ***Nectria* sp. en *Gmelina arborea***

En Costa Rica *Nectria* sp. produce canchros en el fuste y en ramillas en varias especies forestales de importancia en la reforestación y se ha constituido en el principal problema fitosanitario de las plantaciones de *G. arborea* (Arguedas *et al.* 1995). En árboles jóvenes, el área necrótica de los tejidos corticales puede abarcar el perímetro del árbol, por lo que la parte apical del fuste y la copa mueren; en algunos casos el árbol rebrota por debajo de la mitad del fuste, formando una especie de “globo” de follaje, además presentan “lloraderos” de savia en los puntos de poda, los cuales se tornan negruzcos. En árboles de más de 5 años, las áreas de la corteza afectadas se encuentran delimitadas por callos y se resquebrajan (Arguedas 2006).

Inicialmente, el follaje de los árboles afectados se marchita, luego se seca y cae, ello se debe a que el cancro logra anillar en algún sector el fuste del árbol, lo que produce que la parte apical muera. En general no es posible detectar claramente la presencia del cancro, para ello debe realizarse cortes en partes del tronco por encima de los rebrotes, donde se detecten depresiones de la corteza; los tejidos corticales afectados presentan necrosis color pardo oscuro. En los árboles más gruesos la zona cancerosa se resquebraja (Arguedas *et al.* 1995; Arguedas 2004).

### **Manejo y prevención de *Nectria* sp.**

Para el manejo y prevención de *Nectria* sp. se recomienda la poda de las ramas infectadas, así como el mejoramiento de las condiciones de crecimiento de los árboles (Alvarado *et al.* 2007). Como medida correctiva contra esta enfermedad se utilizan inyecciones de intraleño de Nutriphite®, cuyo ingrediente activo es fósforo y tiene como finalidad estimular los medios naturales de defensa de la planta, minimizando la posibilidad de aparición de



cepas resistentes. Este producto se utiliza actualmente en árboles de aguacate para combatir el hongo *Phytophthora cinnamomi*, el cual es causante de la enfermedad conocida como la tristeza del aguacate (Mora y Téliz, s.f).

## **Metodología**

### **Descripción del área de estudio**

La investigación se realizó en la zona norte de Costa Rica en la localidad de Santa Rosa de Pocosal, en San Carlos, Alajuela, en terrenos pertenecientes a la empresa Maderas Cultivadas de Costa Rica S.A. Según el Atlas digital de Costa Rica (Ortiz 2008) el sitio corresponde a un Bosque Húmedo Tropical Basal según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, posee una temperatura media anual que varía entre los 27°C y los 32°C y una precipitación media anual de 3500 mm. Los suelos predominantes son entisoles y ultisoles con orígenes de sedimentación aluvial.

### **Características de la plantación**

Los tratamientos evaluados se aplicaron en plantaciones de *G. arborea* de 2, 3, 4 y 5 años, donde la densidad para 2 años es de 1250 árboles/ha y para los 3, 4 y 5 años de 625 árboles/ha. Los procedimientos fueron realizados en las áreas asignadas por la empresa.

### **Descripción de cuadro sintomatológico**

En las diferentes plantaciones evaluadas se observaron detenidamente los síntomas provocados por la enfermedad denominada el cancro Nectria (*Nectria* sp.), con el fin de describir detalladamente el cuadro sintomatológico de la misma. Estos daños también se ilustran mediante fotografía tomadas para cada estado.

## Parámetros de medición

Se seleccionaron parámetros de medición visual de los efectos de los daños producidos por *Nectria* sp. a los árboles. Se utilizó la categorización que se presenta en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Categorización utilizada para la evolución de los daños de árboles de *Gmelina arborea*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.

Categoría de la copa	Descripción
1	Amarillamiento inicial de la copa
2	Amarillamiento extendido de la copa
3	Amarillamiento extendido de la copa y caída de hojas.
4	Amarillamiento extendido de la copa, caída de hojas y rebrotes basales.

## Tratamiento preventivo

Se evaluó el tratamiento preventivo aplicado por la empresa en los meses de enero y febrero del 2011, el cual consistió en la ejecución de poda sivicultural en árboles totalmente sanos y la aplicación en las heridas producidas de una mezcla del regulador de pH Kaytar® (3 ml/l de agua), del fungicida Butrol® (4 ml/l de agua) y cal 56® líquida (12 ml/l de agua) como sellador.

Se procedió a realizar una evaluación de la presencia del cancro *Nectria* por árboles afectados por hectárea de acuerdo al efecto en las copas, mediante un muestreo sistemático con arranque aleatorio con una intensidad del 3%, donde cada árbol fue tomado como una unidad de muestreo. Se evaluaron aproximadamente 5,5 ha para cada una de las edades.

Posterior a la recolección de datos se analizó la intensidad de la incidencia del cancro por hectárea, utilizando la fórmula:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{número de árboles enfermos}}{\text{número de árboles evaluados}} \times 100$$

Con el fin de analizar la efectividad del tratamiento, se compararon los resultados según edades y densidades.

### **Tratamiento correctivo**

Se seleccionaron 120 individuos con amarillamiento inicial de la copa (estado 1) y 120 con amarillamiento avanzado de la copa (estado 2). Para cada estado, se seleccionaron 30 árboles de cada una de las cuatro edades evaluadas (2, 3, 4 y 5 años), que fueron asignados de manera aleatoria a seis tratamientos: tres niveles de concentración del producto Nutriphite® (10, 20 y 30 %) y dos dosis (10 y 15 ml), de manera a obtener 5 árboles por cada tratamiento. A cada árbol se le realizaron perforaciones con un taladro de mano, a 50 cm de la base y en ángulo de 45° con 10 cm de profundidad, se aplicaron 5 cc a cada perforación con una jeringa veterinaria, cada hueco se selló con plastilina tratada con la mezcla de productos utilizados para la poda.

La evaluación de categoría de copa se realizó uno y dos meses después de la aplicación, mediante la misma escala de 1 a 4, descrita anteriormente.

Para el análisis de esta información se realizó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis con una confiabilidad del 95%, debido a que lo que se analizan son variables discretas, para ello se utilizó el programa InfoStat/E.

## Resultados y discusión

### Descripción sintomatológica

Se observaron dos casos diferentes del avance de la enfermedad, en el primero el árbol inicialmente presenta un marchitamiento y descoloramiento en su copa (Figura 1), el cual avanza con el tiempo al resto de la copa hasta que el follaje se seca y se cae (Figuras 2 y 3), posteriormente en algunos individuos aparecen rebrotes basales (Figura 4), lo anterior sin presentar daños evidentes en el fuste. Este cuadro sintomatológico es más común en los individuos de 2 y 3 años.



**Figura 1.** Árbol de *Gmelina arborea* atacado por *Nectria* sp. *Categoría 1* de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.



**Figura 2.** Árbol de *G. arborea* atacado por *Nectria* sp. con un marchitamiento extendido del follaje. Categoría 2 de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.



**Figura 3.** Árbol de *G. arborea* atacado por *Nectria* sp en el que la mayoría de su follaje se ha caído. Categoría 3 de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.





**Figura 4.** Árbol de *G. arborea* atacado por *Nectria* sp con rebrotes basales. Categoría 4 de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.

En el segundo caso, se observan depresiones humedecidas, un cuarteamiento en la corteza y lloraderos de color negro en el tronco, los cuales aparecen en los puntos de poda (Figuras 5, 6 y 7), sin embargo los individuos no presentan afectación en el follaje, estos síntomas se vieron más comúnmente en los árboles de 5 años de edad.



**Figura 5.** Cuarteamiento de la corteza en *G. arborea* atacado por *Nectria* sp. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.



**Figura 6.** Lloraderos en el tronco de *G. arborea*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.



**Figura 7.** Daño en el tronco de *G. arborea*. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.

La sintomatología observada corresponde a las características más comunes producidas por *Nectria* sp. de acuerdo a lo descrito por Arguedas (2011).

### Tratamiento preventivo

**Cuadro 2.** Incidencia del cancro *Nectria* (*Nectria* sp.) en árboles de *Gmelina arborea* por edad. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Julio, 2011.

Edad (años)	Total evaluados (N)	Podados		No podados	
		(n)	(%)	(n)	(%)
2	200	188	94,0	12	6,0
3	88	83	94,3	5	5,7
4	100	91	91,0	9	9,0
5	92	85	92,4	7	7,6

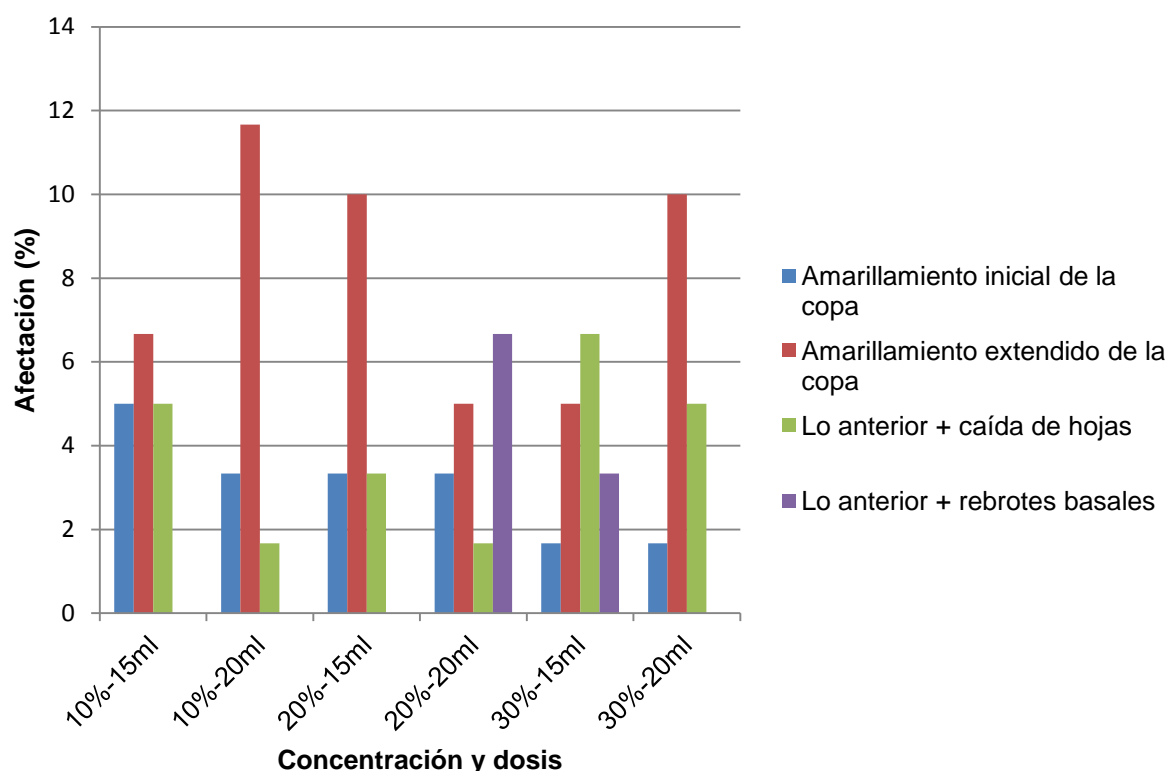


Como se puede observar en el cuadro 2, para la edad de dos años se inventariaron 200 árboles de los cuales 188 árboles, lo que equivalentes al 94% de la plantación estaban podados. Para tres años se inventariaron 88 árboles de los cuales 83 equivalentes al 94,3% de la plantación se encontraban podados. Para cuatro años se inventariaron 100 árboles de los cuales 91 árboles, lo que equivale al 91% de la plantación se encontraban podados. Para cinco años se inventariaron 92 árboles de los cuales 85 árboles, lo que equivale al 92,4% de la plantación se encontraban podados.

Con respecto a los resultados anteriores se puede decir que los productos aplicados después de la poda como tratamiento preventivo son efectivos, ya que la cantidad de árboles podados es equivalente a la cantidad de árboles sanos, sin embargo, se debe tomar en cuenta que el inventario se realizó en áreas pequeñas, las cuales a pesar de ser en zonas relativamente uniformes son áreas limitadas en comparación a la extensión total de las plantaciones.

### **Tratamiento correctivo**

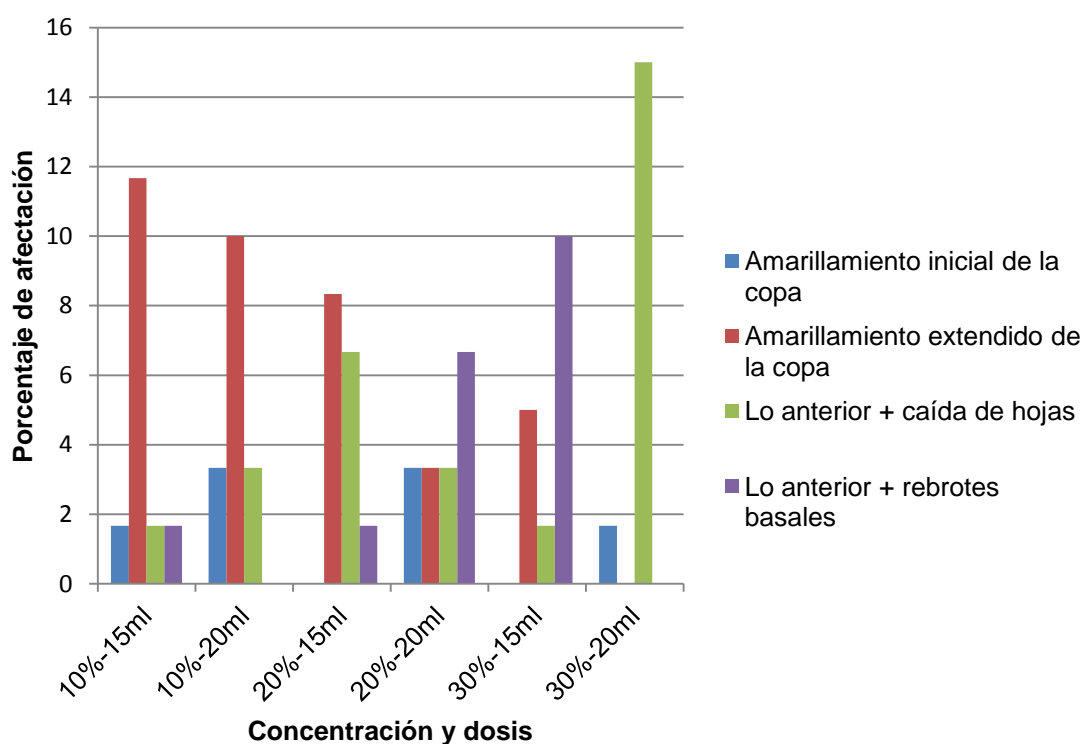
Para la edad de 2 años, tanto en la primera como en la segunda evaluación se observó un avance de la enfermedad. Los resultados observados en la primera evaluación se muestran en la Figura 8.



**Figura 8.** Afectación por cancro *Nectria* (*Nectria* sp.) en individuos de *Gmelina arborea* de 2 años según la combinación de dosis y concentración un mes después de ser tratados con producto, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre 2011.

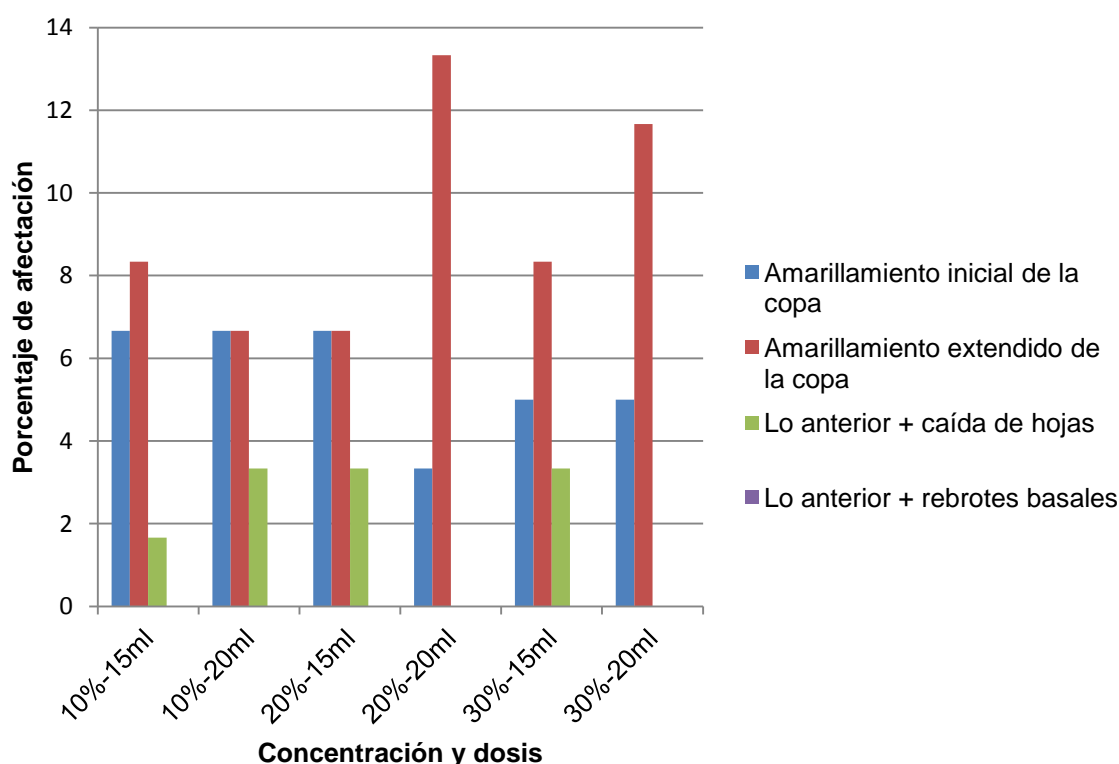
A un mes de evaluación, para la primera concentración solo el 5% se encontraba en la categoría 1, el 7% se encontraba en la categoría 2 y un 5% en categoría 3; para la segunda concentración un 3% se encontraba en la categoría 1, un 12% en la categoría 2 y 2% en categoría 3; para la tercera concentración un 3% se encontraba en la categoría 1, un 10% en la categoría 2 y un 3% en categoría 3; para la cuarta concentración un 3% se encontraba en la categoría 1, un 5% en la categoría 2, un 2% en categoría 3 y un 7% en categoría 4; para la quinta concentración un 2% se encontraba en la categoría 1, un 5% en la categoría 2, un 7% en categoría 3 y un 3% en categoría 4; y para la sexta concentración un 2% se encontraba en la categoría 1, un 10% en la categoría 2 y un 5% en categoría 3.

Como se puede observar en la Figura 9, a los dos meses de evaluación, para la primera concentración sólo el 2% se encontraban en la categoría 1, el 12% se encontraba en la categoría 2, un 2% en categoría 3 y un 2% en categoría 4; para la segunda concentración un 3% se encontraba en la categoría 1, un 10% en la categoría 2 y un 3% en categoría 3; para la tercera concentración ningún individuo se encontraba en la categoría 1, un 8% se encontraba en la categoría 2, un 7% en categoría 3 y un 2% en categoría 4; para la cuarta concentración un 3% se encontraba en la categoría 1, un 3% en la categoría 2, un 3% en categoría 3 y un 7% en categoría 4; para la quinta concentración un ningún individuo se encontraba en la categoría 1, un 5% en la categoría 2, un 2% en categoría 3 y un 10% en categoría 4; y para la sexta concentración un 2% se encontraba en la categoría 1 y un 15% en categoría 3 .



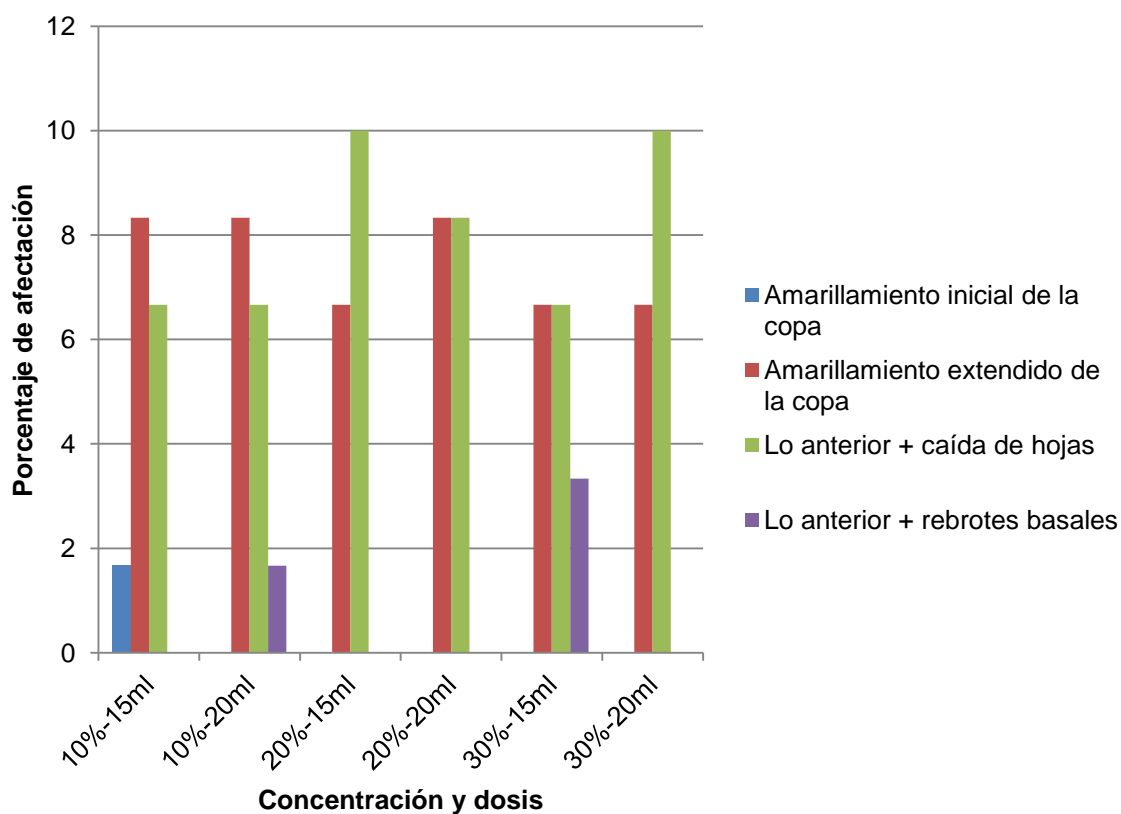
**Figura 9.** Afectación por cancro *Nectria* (*Nectria* sp.) en individuos de *Gmelina arborea* de 2 años según la combinación de dosis y concentración dos mese después de ser tratados con producto, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre 2011.

Para la edad de 3 años, tanto en la primera como en la segunda evaluación se observó un avance de la enfermedad. Como se puede observar en la figura 10, A un mes de evaluación, para la primera concentración sólo el 7% se encontraban en la categoría 1, el 8% se encontraba en la categoría 2 y un 2% en categoría 3; para la segunda concentración un 7% se encontraba en la categoría 1, un 7% en la categoría 2 y un 3% en categoría 3; para la tercera concentración un 7% se encontraba en la categoría 1, un 7% en la categoría 2 y un 3% en categoría 3; para la cuarta concentración un 3% se encontraba en la categoría 1 y un 13% en la categoría 2; para la quinta concentración un 5% se encontraba en la categoría 1, un 8% en la categoría 2 y un 3% en categoría 3; y para la sexta concentración un 5% se encontraba en la categoría 1 y un 12% en la categoría 2.



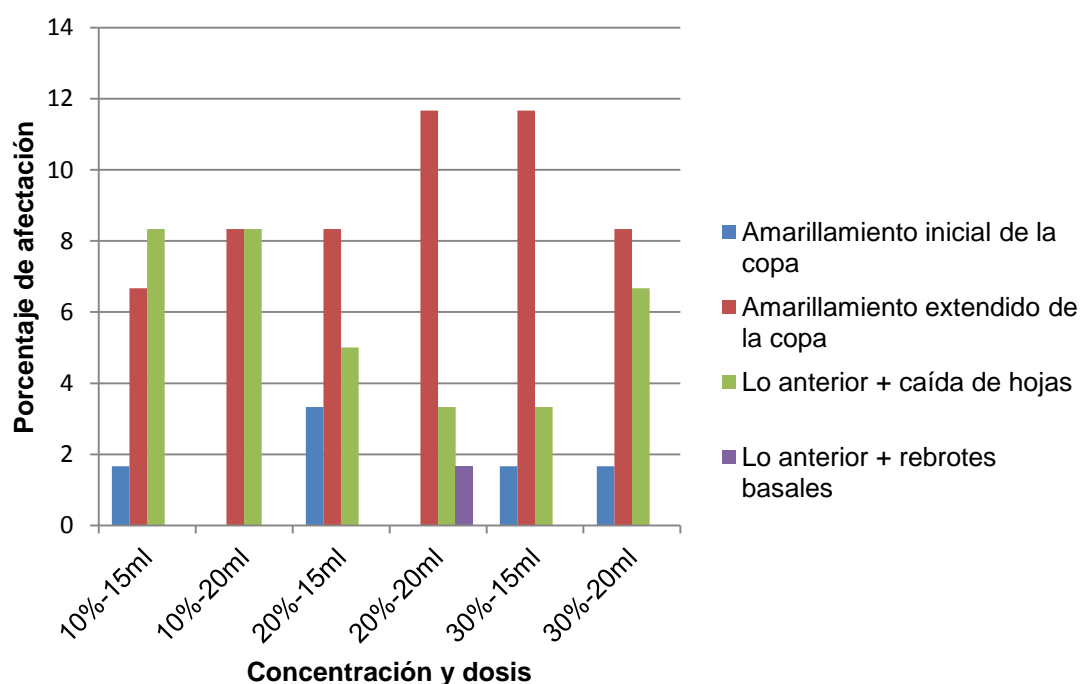
**Figura 10.** Afectación por cancro *Nectria* (*Nectria* sp.) en individuos de *Gmelina arborea* de 3 años según la combinación de dosis y concentración un mes después de ser tratados con producto, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre 2011.

Como se muestra en la figura 11, a los dos meses de evaluación, para la primera concentración sólo el 2% se encontraban en la categoría 1, el 8% se encontraba en la categoría 2 y un 7% en la categoría 3; para la segunda concentración ningún individuo se encontraba en la categoría 1, un 8% en la categoría 2, un 7% en la categoría 3 y un 2% en la categoría 4; para la tercera concentración un 7% se encontraba en la categoría 2 y un 10% en la categoría 3; para la cuarta concentración un 8% se encontraba en la categoría 2 y un 8% en la categoría 3; para la quinta concentración un ningún individuo se encontraba en la categoría 1, un 7% en la categoría 2, un 7% en la categoría 3 y un 3% en la categoría 4; y para la sexta concentración ningún individuo se encontraba en la categoría, un 7% se encontraba en la categoría 2 y un 10% en la categoría 3 .



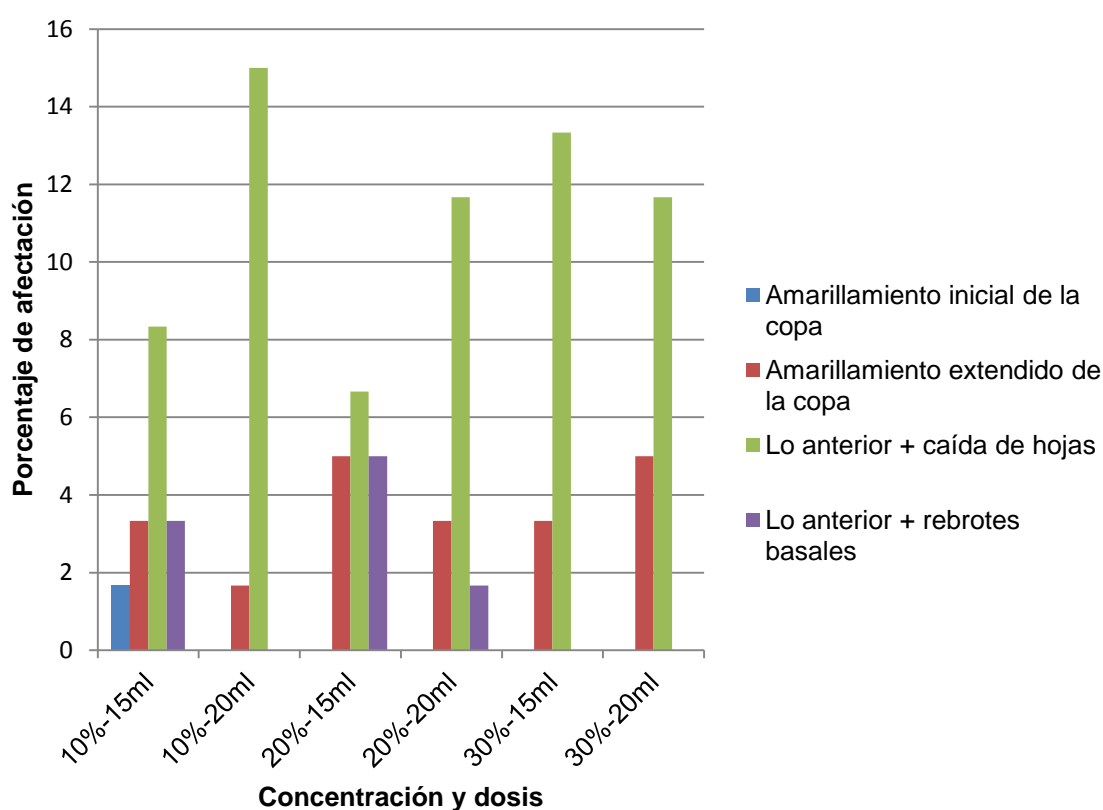
**Figura 11.** Porcentaje de afectación por *Nectria* sp. de individuos de *Gmelina arborea* de 3 años según la combinación de dosis y concentración dos meses después de ser tratados, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Octubre 2011.

Para la edad de 4 años, tanto en la primera como en la segunda evaluación se observó un avance de la enfermedad. Como se puede observar en la figura 12, A un mes de evaluación, para la primera concentración sólo el 2% se encontraban en la categoría 1, el 7% se encontraba en la categoría 2 y un 8% en la categoría 3; para la segunda concentración un 8% se encontraba en la categoría 2 y un 8% en la categoría 3; para la tercera concentración un 3% se encontraba en la categoría 1, un 8% en la categoría 2 y un 5% en la categoría 3; para la cuarta concentración un 12% se encontraba en la categoría 2, un 3% en la categoría 3 y un 2% en la categoría 4; para la quinta concentración un 2% se encontraba en la categoría 1, un 12% en la categoría 2 y un 3% en la categoría 3; y para la sexta concentración un 2% se encontraba en la categoría 1, un 8% en la categoría 2 y un 7% en la categoría 3.



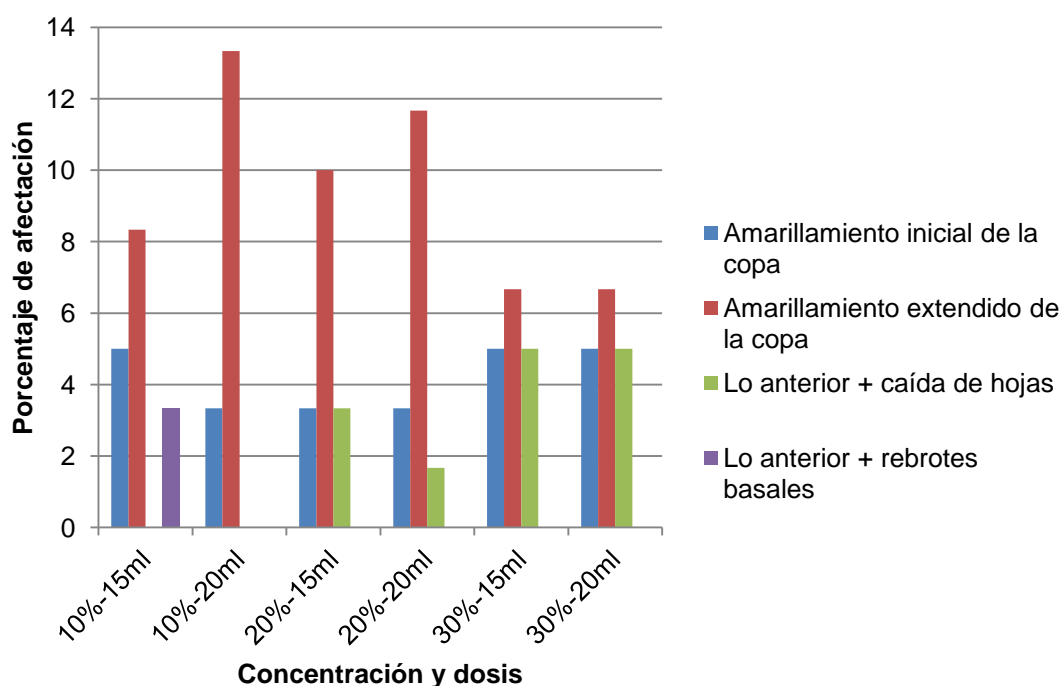
**Figura 12.** Afectación por cancro *Nectria* (*Nectria* sp.) en individuos de *Gmelina arborea* de 4 años según la combinación de dosis y concentración un mes después de ser tratados con producto, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre 2011.

Como se muestra en la figura 13, a los dos meses de evaluación, para la primera concentración sólo el 2% se encontraban en la categoría 1, el 3% se encontraba en la categoría 2, un 8% en la categoría 3 y un 3% en la categoría 4; para la segunda concentración un 2% se encontraba en la categoría 2 y un 15% en la categoría 3; para la tercera concentración un 5% se encontraba en la categoría 2, un 7% en la categoría 3 y un 5% en la categoría 4; para la cuarta concentración un 3% se encontraba en la categoría 2, un 12% en la categoría 3 y un 2% en la categoría 4; para la quinta concentración un 3% se encontraba en la categoría 2 y un 13% en la categoría 3; y para la sexta concentración un 5% se encontraba en la categoría 2 y un 12% en la categoría 3.



**Figura 13.** Porcentaje de afectación por *Nectria* sp. de individuos de *Gmelina arborea* de 4 años según la combinación de dosis y concentración dos meses después de ser tratados, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Octubre 2011.

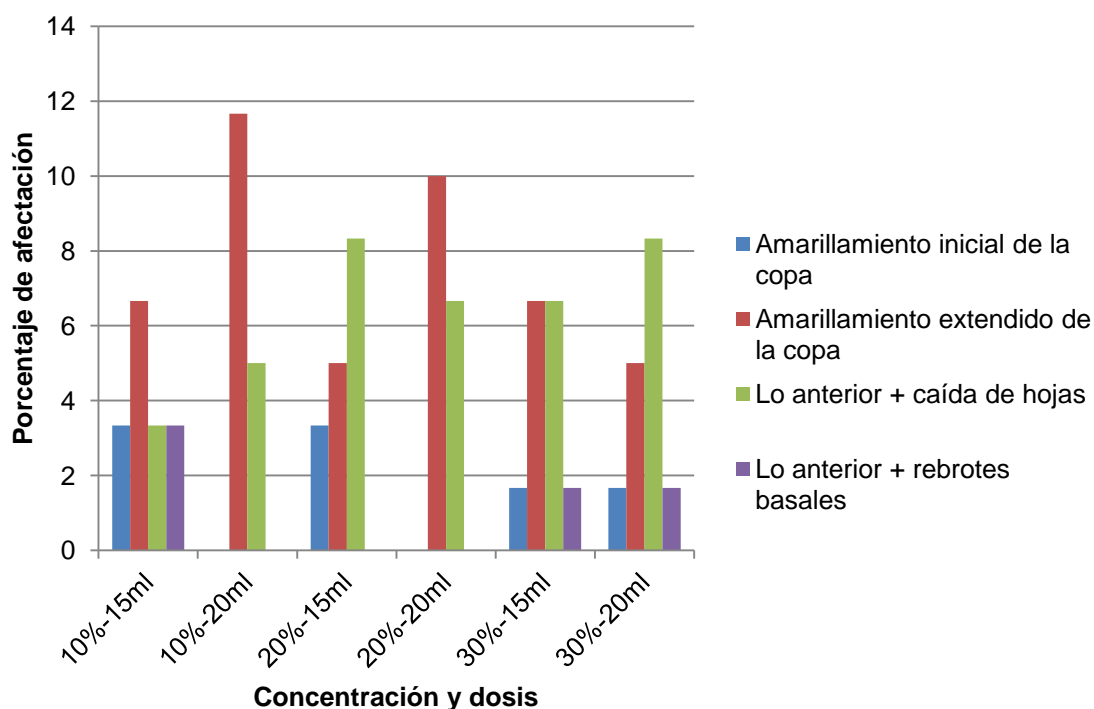
Para la edad de 5 años, tanto en la primera como en la segunda evaluación se observó un avance de la enfermedad. Como se puede observar en la figura 14, a un mes de evaluación, para la primera concentración sólo el 5% se encontraban en la categoría 1, el 8% se encontraba en la categoría 2 y un 3% en la categoría 4; para la segunda concentración sólo el 3% se encontraban en la categoría 1 y un 13% se encontraba en la categoría 2; para la tercera concentración un 3% se encontraba en la categoría 1, un 10% en la categoría 2 y un 3% en la categoría 3; para la cuarta concentración el 3% se encontraban en la categoría 1, un 12% en la categoría 2 y un 2% en la categoría 3; para la quinta concentración un 5% se encontraba en la categoría 1, un 7% en la categoría 2 y un 5% en la categoría 3; y para la sexta concentración un 5% se encontraba en la categoría 1, un 7% en la categoría 2 y un 5% en la categoría 3.



**Figura 14.** Afectación por cancro *Nectria* (*Nectria* sp.) en individuos de *Gmelina arborea* de 5 años según la combinación de dosis y concentración un mes después de ser tratados con producto, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre 2011.



Como se muestra en la figura 15, a los dos meses de evaluación, para la primera concentración sólo el 3% se encontraban en la categoría 1, el 7% se encontraba en la categoría 2, un 3% en la categoría 3 y un 3% en la categoría 4; para la segunda concentración un 12% se encontraba en la categoría 2 y un 5% en la categoría 3; para la tercera concentración sólo el 3% se encontraban en la categoría 1, un 5% se encontraba en la categoría 2 y un 8% en la categoría 3; para la cuarta concentración un 10% se encontraba en la categoría 2 y un 2% en la categoría 3 y un 7% en la categoría 4; para la quinta concentración sólo el 2% se encontraban en la categoría 1, un 7% en la categoría 2, un 7% en la categoría 3 y un 2% en la categoría 4; y para la sexta concentración sólo el 2% se encontraban en la categoría 1, un 5% se encontraba en la categoría, un 8% en la categoría 3 y un 2% en la categoría 4.



**Figura 15.** Porcentaje de afectación por *Nectria* sp. de individuos de *Gmelina arborea* de 5 años según la combinación de dosis y concentración dos meses después de ser tratados, según categoría de estado de copa. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Octubre 2011.

De los resultados anteriores se desprende que aunque hay individuos en las 4 edades que conservaron su estado inicial, la mayoría continuaron con el avance normal y esperado de la enfermedad (Arguedas, 2011), estos resultados no coinciden con los obtenidos por Mora y Téliz, (s.f) en árboles de aguacate, los cuales después de aplicado el producto si mostraron recuperación, aunque se debe tomar en cuenta que esto se puede deber a las diferencias entre las especies.

Al realizar la prueba de Kruskal- Wallis se encontró que tanto para la primera como para la segunda evaluación existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados con respecto al estado inicial, ya que para ambos casos  $p < 0,0001$ . En el análisis de cada uno de los factores para poder reconocer sus efectos, se obtuvo que para la edad en la primera evaluación si existen diferencias entre las edades debido a que  $p = 0,0003$ , y como se puede observar en el Cuadro 3, las diferencias significativas entre las edades de 3 y 2 años y entre 3 y 4 años.

**Cuadro 3.** Prueba de Kruskal-Wallis para la variable edad evaluación a un mes de aplicación de producto en Gmelina arborea para control del cancro Nectria (*Nectria* sp.) San Carlos, Alajuela, Costa Rica.. Noviembre 2011.

<u>Edad. Ranks</u>			
3.00	96.83	A	
5.00	111.36	A	B
2.00	131.36		B C
4.00	142.45		C

**Nota:** letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Para el parámetro edad para la segunda evaluación también se encontraron diferencias significativas, ya que  $p = 0,0096$ . Como se puede observar en el Cuadro 4 las diferencias significativas se presentan entre las edades de 4 y 5 años.

**Cuadro 4.** Prueba de Kruskal-Wallis para la variable edad evaluación a dos meses de aplicación de producto en Gmelina arborea para control del cancro Nectria (*Nectria* sp.) San Carlos, Alajuela, Costa Rica.. Noviembre 2011.

<u>Edad Ranks</u>		
5.00	104.06	A
3.00	115.63	A
2.00	119.83	A B
4.00	142.48	B

**Nota:** letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

En el caso del estado inicial tanto para la primera como para la segunda evaluación se obtuvieron diferencias significativas con  $p < 0,0001$  en ambos casos. Como se puede observar en los Cuadros 5 y 6 el estado 1 obtuvo un nivel de respuesta más bajo que el estado 2.

**Cuadro 5.** Prueba de Kruskal-Wallis para la variable estado inicial evaluación a un mes de aplicación de producto en Gmelina arborea para control del cancro Nectria (*Nectria* sp.) San Carlos, Alajuela, Costa Rica.. Noviembre 2011.

<u>Estado. Ranks</u>		
1.00	83.03	A
2.00	157.97	B

**Nota:** Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 6.** Prueba de Kruskal-Wallis para la variable estado inicial evaluación a dos meses de aplicación de producto en Gmelina arborea para control del cancro Nectria (*Nectria* sp.) San Carlos, Alajuela, Costa Rica.. Noviembre 2011.

<u>Estado Ranks</u>		
1.00	87.53	A
2.00	153.48	B

**Nota:** Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Con respecto a la variable concentración, para la primera evaluación no se obtuvieron diferencias significativas, ya que  $p = 0,4516$ , sin embargo para la segunda evaluación si se encontraron diferencias significativas ya que  $p = 0,0083$ . Como se puede observar en el cuadro 7, las diferencias se presentan entre las concentraciones de 10% y 30%, mientras que entre 10% y 20% existen respuestas similares así como entre 20% y 30%, además al ser la concentración de 10% la que posee la mediana más baja se puede decir que es la más efectiva.

**Cuadro 7.** Prueba de Kruskal-Wallis para la variable concentración evaluación a dos meses de aplicación de producto en Gmelina arborea para control del cancro Nectria (*Nectria* sp.) San Carlos, Alajuela, Costa Rica.. Noviembre 2011.

<u>Trat. Ranks</u>			
10.00	104.02	A	
20.00	122.34	A	B
30.00	135.14		B

**Nota:** Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0.05$ ).

Al evaluar la cantidad de producto aplicado, tanto en la primera como en la segunda evaluación, no se obtuvieron diferencias significativas, ya que  $p = 0,7367$  y  $p = 0,5153$  respectivamente, lo anterior se puede deber a que las dosis son muy similares

## Conclusiones y recomendaciones

De las plantaciones visitadas, donde se presenta el problema más severo de *Nectria* sp. es en aquella de dos años, lo cual se debe muy posiblemente a que entre más joven el árbol más susceptible es a los problemas fitosanitarios.

El tratamiento preventivo fue efectivo en las áreas analizadas, sin embargo se debe considerar incrementar el tamaño de las muestras y dar un seguimiento mediante control parcelas permanentes.

El tratamiento correctivo no fue efectivo, aunque se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones y las edades, en general la enfermedad no se detuvo.

A los árboles que mantuvieron su estado inicial después de dos meses se les debería dar seguimiento por más tiempo para determinar si efectivamente la enfermedad fue controlada.

La mejor concentración que mostró mayor eficacia fue la de 10%, por lo que se debería seguir investigando en torno a ella, aumentado inclusive las dosis por evaluar.

Dentro las plantaciones visitadas, se deberían evaluar los árboles que no están enfermos con el fin de determinar si son individuos resistentes a la enfermedad e incursionar en la mejora genética con el fin de buscar estrategias de manejo efectivas a mediano y largo plazo.

## Bibliografía

- Agrios, GN.1996. Fitopatología. 3<sup>ra</sup> ed. Montecillo, MX, LIMUSA. 838 p.
- Alvarado, D; Cibrián, D; García,S. 2007. Enfermedades forestales en México. . Chapingo, MX, Universidad Autónoma de Chapingo. 587 p.
- Arguedas, M. 2011. Descripción sintomatológica de *Nectria* sp. (entrevista). Cartago,Instituto Tecnológico de Costa Rica. (e-mail:marguedas@itcr.ac.cr)
- Arguedas, M. 2006. Diagnóstico de plagas y enfermedades en Costa Rica. En Congreso latinoamericaco IUFRO, (2<sup>do</sup>, La Serena, Chile).
- Arguedas, M. 2004. Problemas fitosanitarios de la melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica (en línea). KURU: REVISTA FORESTAL (Costa Rica) 1(2). 9p.
- Arguedas, M., Chavarri, P.; Millar, C. 1995. Cancro *Nectria* sp. en especies forestales. Serie Plagas y enfermedades forestales N° 18. ITCR-CIT. Cartago. 8 p.
- Blanchar, R; Tattar, T. 1981. Field and laboratory guide to tree pathology. Nueva York, USA, Academic press. 285p.
- Briscoe, C. 1995. Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. Turrialba, CR. CATIE. 44 p.
- Butin, H. 1995.Trees diseases and disorders: Causes, biology and control in forest and amenity tres. New York, USA, Oxford University Press. 111-115p.

- Lamb A.,FA. 1970. Especies maderables de crecimiento rápido en tierra baja tropical: *Gmelina arborea*. Boletín Instituto Forestal Latinoamericano (Ven) no.33/ 34:21-34
- Lyon, H., Sinclair W. 2005. Diseases of trees and shrubs. 2<sup>da</sup> ed. New York, USA, Cornell University Press.176-184p.
- Mora, A; Téliz D. s.f. La tristeza del Aguacate y su control. Colegio de Postgraduados
- Moya, R. 2000. Evaluación de las características y propiedades tecnológicas para la melina (*Gmelina arborea*) provenientes de plantaciones forestales: Aspectos importantes sobre la trabajabilidad de la madera de melina (*Gmelina arborea*) ITCR. Cartago, CR. 120p.
- Murillo, O; Rojas, F. 2004. Manual para productores de melina en Costa Rica: Botánica y ecología. Cartago, CR.160p.
- Murillo, O; Valerio, J. 1991. *Gmelina arborea*, especie de árbol de uso múltiple en América central. Turrialba, CR. CATIE. 69 p.
- Ortiz, E. 2008. Atlas digital de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Disco compacto.